

# Versuche zur Biogasgewinnung und Verwertung von Biomassen aus einer Fischzuchtanlage

Anja Gerbeth, Bernhard Gemende, Nicole Pausch, Gunter Krauthelm,  
Günter Bellmann, Andreas von Bresinsky

## 1 Einleitung

Zur Reinigung der Wässer in Kreislaufanlagen zur Fischzucht setzt der Fischwirtschaftsbetrieb Andreas von Bresinsky ein neuartiges Verfahren ein, das im Wesentlichen auf der direkten Assimilation des aus den Fischausscheidungen und Futterresten freigesetzten Ammoniums beruht [DE 103 38 147 A1, 2005]. Die dazu eingesetzte Bakterienbiomasse muss, wie in [PAUSCH ET AL., 2005] beschrieben, möglichst kontinuierlich abgetrennt werden, um die erneute Belastung des Wassers durch wieder freigesetzte Schadstoffe nach Lyse der Bakterien zu verhindern.

Im Sinne der Kreislaufschließung ist es anzustreben, die anfallenden Biomasseschlämme einer sinnvollen Verwertung zuzuführen. Dazu sind zwei prinzipielle Verwertungsvarianten denkbar: zum einen die direkte stoffliche Verwertung als Futter, zum anderen die energetische Verwertung mit dem Ziel der Erzeugung von Biogas.

Untersuchungen der Zusammensetzung der abgetrennten und aufkonzentrierten Biomasse ergaben, dass sie denen typischer Fischfuttermittel in den Hauptbestandteilen (Rohprotein, -fasern und -fett sowie Mineralstoffe) im Wesentlichen entspricht. Aufgrund der Reglementierungen in der europäischen und deutschen Gesetzgebung [FUTMV, 2000] ist es praktisch unmöglich, die Bakterienbiomasse als Zuschlagstoff für kommerzielle Futtermittel zu verwenden. Alternativ dazu wurde der Einsatz der Biomasse zur Aufzucht von Fischbrut bzw. zur Anzucht von Zooplankton (u. a. *Daphnia magna*) als Fischlebensfutter untersucht.

Aufgrund des ausgesprochen hohen Anteils organischer Stoffe (in der Regel zwischen 90 und 92 Ma.-% bezogen auf die Trockensubstanz) ergibt sich ein erhebliches Potential für die Vergärung und Biogaserzeugung. Zu beachten ist dabei jedoch, dass die vorliegenden Biomasseschlämme aufgrund ihrer im Originalzustand sehr niedrigen Trockensubstanz(TS)-Gehalte (lediglich 0,5 bis 1,5 Ma.-%) besondere Anforderungen an die Verfahrensführung bei der Vergärung stellen bzw. eine Aufkonzentrierung durch geeignete Verfahren (z. B. Zentrifugation) notwendig ist.

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Gärversuche im Labormaßstab dargestellt und diskutiert.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Ausgangsmaterial

Die untersuchten Schlämme bestehen aus der Biomasse, die mittels Membranfiltration aus dem Kreislaufwasser der Fischzuchtanlage abgetrennt wurde. Für die beschriebenen Versuche wurden diese im Originalzustand weiter verwendet. Zur Charakterisierung der Proben wurde der Trockensubstanzgehalt durch Eindampfen einer definierten Probenmenge und Trocknung des Rückstandes bei 105 °C im Umlufttrockenschrank bis zur Massekonstanz ermittelt. Wesentlicher Bezugsparameter ist jedoch der Anteil organischer Substanzen am gesamten TS-Gehalt. Um diesen zu ermitteln, wurde der Glühverlust der getrockneten Biomasseproben bei 550 °C bestimmt [DIN 38409-1, 1987]. Die Daten der für die beschriebenen Versuche verwendeten Schlämme sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Angaben zu Gehalten an Trockensubstanz und organischer Trockensubstanz für ausgewählte Biomasseschlämme

Biomasseschlamm	Trockensubstanzgehalt (in Ma.-%)	Anteil der organischen Stoffe an der Trockensubstanz (in Ma.-%)
Versuch bei Raumtemperatur	1,7	92,1
Versuch mit und ohne Impfschlamm	0,8	91,3
zum Vergleich:		
Fischwasser im Zuchtbecken	0,01...0,15	
Rückstand nach Zugabe organischer	0,75...1,0	

Flockungshilfsmittel		
----------------------	--	--

Es wurden auch Versuche zur Biogasgewinnung aus mittels Zentrifugation aufkonzentrierten Schlämmen (TS-Gehalte zwischen 5,0 und 7,0 Ma.-%) durchgeführt. Auf diese soll an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden.

## 2.2 Versuchsaufbau

Die nachstehend beschriebenen Laborversuche zur Gasbildung wurden in Anlehnung an das normierte Verfahren zur Bestimmung des Faulverhaltens von Schlämmen [DIN 38414-8, 1985] durchgeführt. In Abwandlung zu der dort beschriebenen Vorgehensweise wurden Einzelversuche bei Raumtemperatur bzw. ohne Zugabe von Impfschlamm durchgeführt. In Abb. 1 ist der prinzipielle Versuchsaufbau dargestellt.

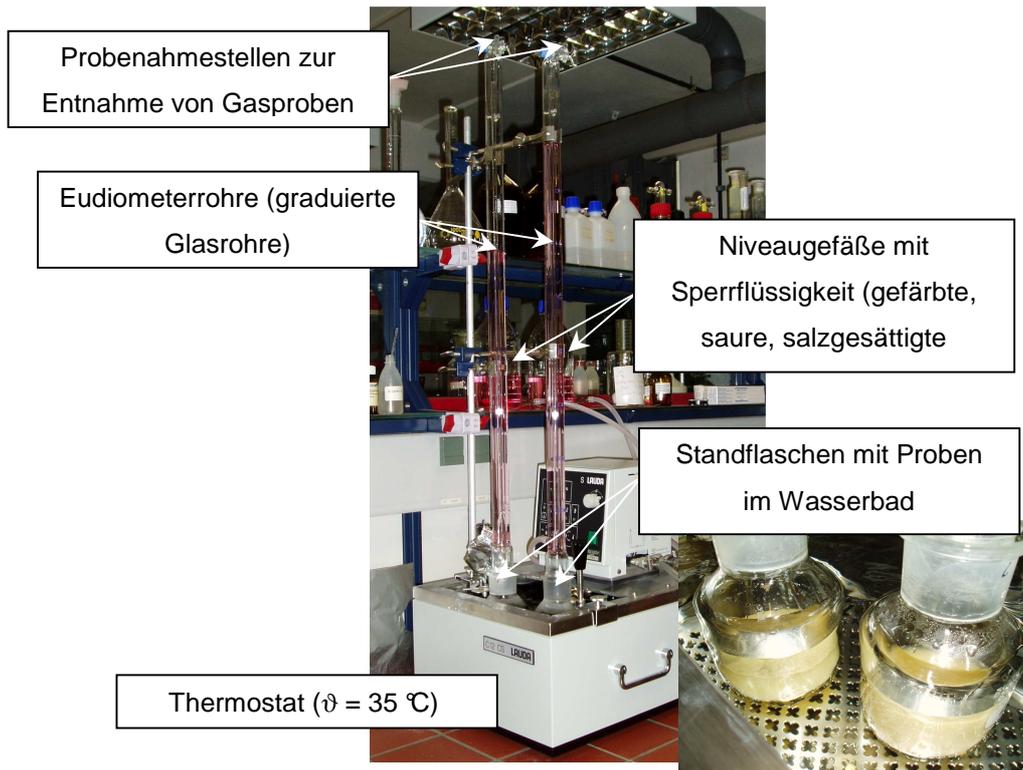


Abb. 1: Aufbau der Laborversuchsanlage zur Bestimmung des Faulverhaltens (mit Thermostat)

Die Versuchsdurchführung erfolgte diskontinuierlich, d. h. ca. 300 bis 400 g der Originalprobe wurden am Versuchsbeginn in eine Standflasche mit Schliff gefüllt. Nach Verdrängung der Luftvolumina durch Überleitung von Stickstoff wurde das Eudiometerrohr aufgesetzt und die Sperrflüssigkeit auf die Nullmarke eingestellt. Während des Versuches wurden keine weiteren Stoffe zugegeben; eine kontinuierliche Durchmischung der Schlammprobe erfolgte nicht. Es wurden lediglich Gasproben zur Bestimmung der Biogaszusammensetzung entnommen bzw. überschüssiges Gas abgelassen. Die Untersuchungen wurden im Wesentlichen unter mesophilen Bedingungen (Prozesstemperaturen bei ca. 24 °C bzw. bei Thermostatierung bei einer konstanten Temperatur von 35 °C) durchgeführt.

Das entwickelte Gasvolumen wurde bei Niveaugleichheit der verwendeten Sperrflüssigkeit in Niveaugefäß und Eudiometerrohr an diesem abgelesen. Anhand der vorliegenden Temperatur wurde das Gasvolumen auf den entsprechenden Normzustand umgerechnet.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 2 sind die Verläufe der Gasbildung (Normvolumen bezogen auf die im Bioschlamm enthaltene organische Trockensubstanz) in Abhängigkeit der Versuchsdauer dargestellt.

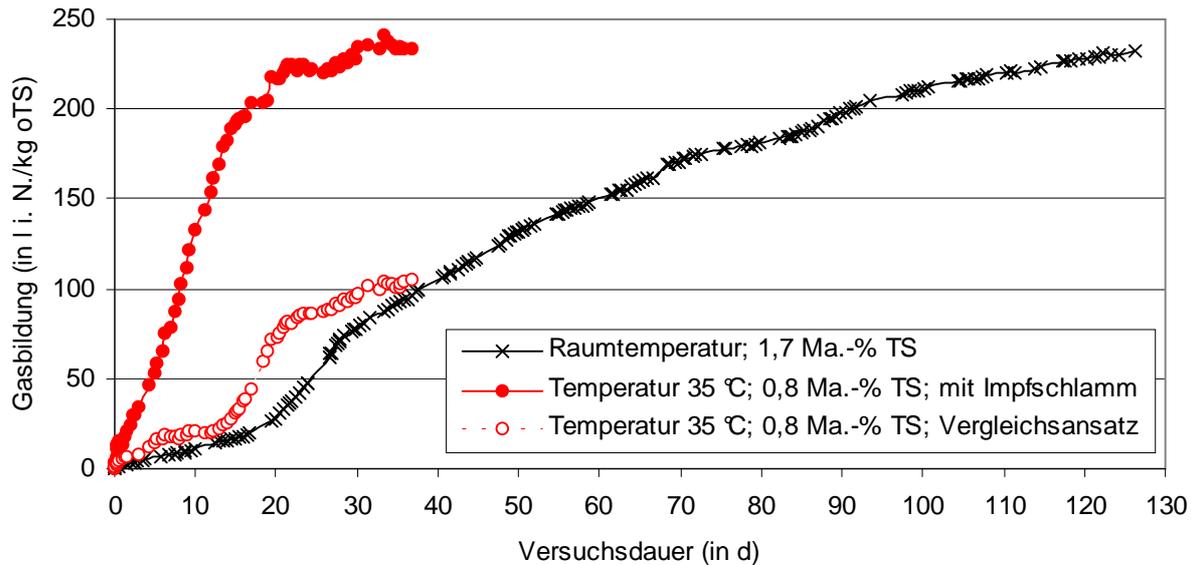


Abb. 2: Gasbildungsverläufe für drei ausgewählte Versuche im Labormaßstab

Aus praktischen Erfahrungen ist bekannt, dass die zur Biogaserzeugung notwendigen Umsetzungsprozesse schneller verlaufen, je höher die Fermentationstemperatur ist. In der Biogastechnologie sind Temperaturen zwischen 35 und 40 °C üblich [BAYLFU, 2004]. Der Versuch bei Raumtemperatur diente im Wesentlichen dazu, zu verifizieren, in wie fern die Biogasbildung auch bei vom Optimum entfernten Randbedingungen akzeptable Werte erreicht. Die praktische Relevanz dieses Tests liegt in der Möglichkeit der Beurteilung, ob auf eine Heizung des Gärbehälters verzichtet werden kann. Wie zu erwarten, setzt die Gasbildung deutlich langsamer ein als bei höheren Temperaturen. Die Gesamtmenge des gebildeten Gases entspricht mit 0,23 m<sup>3</sup> i. N./kg oTS der bei dem Versuch bei 35 °C und Impfschlammzugabe – aller dings ist die dazu notwendige Verweilzeit mit 126 Tagen 3,5 Mal so groß.

Bei beiden nicht mit Impfschlamm durchgeführten Versuchen sind in den Gasbildungsverläufen, neben der bereits erwähnten lag-Phase am Versuchsbeginn, mehrere Abschnitte mit unterschiedlichen Gasbildungsraten zu erkennen. Diese könnte auf eine so genannte Diauxie hindeuten [VDI 4630, 2004]. Darunter versteht man ein mehrphasiges Wachstum der Mikroorganismen mit unterschiedlichen Wachstumsraten. Die Ursache dafür ist das Vorliegen mehrerer Substrate, von denen zunächst die leichter abbaubaren verwertet werden. Danach müssen zunächst Enzyme gebildet werden, durch die die Verwertung der schwerer abbaubaren Substrate möglich wird. [ZIMMER, 2003] Bei der Zugabe von Impfschlamm – verwendet wurde in diesem Fall der Restschlamm des Versuchs bei Raumtemperatur – setzt die Biogasbildung dagegen sehr schnell ein. Eine Mehrstufigkeit des Prozesses ist hier nicht erkennbar.

Der deutlich niedrigere Gesamtgasertrag von 0,10 m<sup>3</sup> i. N./kg oTS beim Versuch ohne Impfschlamm bei höherer Temperatur im Vergleich zu den anderen Untersuchungen ist möglicherweise auf eine zu starke Versäuerung des Prozesses zurückzuführen. Der Ausgangs-pH-Wert lag bei dieser Probe bei nur 5,02. Durch die einsetzende Hydrolyse sinkt dieser weiter ab. Die Abbauleistung der methanogenen Bakterien wird herabgesetzt, wodurch sich das Zwischenprodukt Acetat anreichert, was zu einem weiteren Absinken des pH-Wertes führt und letztendlich den gesamten Prozess zum Erliegen bringt. [BAYLFU, 2004] Im Gegensatz dazu wird durch die Zugabe des Impfschlammes die Gesamtbioaktivität des Systems erhöht und der Zustand stabilisiert. Vergleichend dazu lag der pH-Wert bei dem Versuch bei Raumtemperatur höher und das System ist aufgrund der geringeren Umsatzraten hinsichtlich einer möglichen Versäuerung als stabiler zu betrachten.

Die Untersuchung mehrerer Gasproben ergab einen durchschnittlichen Methangehalt von 53 Vol.-% und eine Schwefelwasserstoffkonzentration zwischen 250 und 500 ppm (in Einzelfällen mehr als 1.000 ppm). Allerdings muss bei Interpretation dieser Daten beachtet werden, dass die Gaszusammensetzung sowohl in Abhängigkeit der Versuchsrandbedingungen (z. B. Substrat, Temperatur) als auch insbesondere im Versuchsverlauf erheblich schwanken kann.

## 4 Zusammenfassung

In den durchgeführten Laborversuchen konnte nachgewiesen werden, dass die energetische Verwertung der aus den Fischzucht-Kreislaufanlagen abgetrennten Überschussbiomasse in Form der Erzeugung von Biogas prinzipiell möglich ist. Trotz der sehr niedrigen TS-Gehalte von ca. 0,5 bis 2 Ma.-% sind die maximalen Gesamtgasausbeuten von 0,23 m<sup>3</sup> i. N./kg oTS mit denen konventionell zur Biogaserzeugung eingesetzter Substrate vergleichbar. Sie liegen – entsprechend verschiedener Quellen – in etwa im Bereich der Gasausbeuten bei Vergärung von Rinder- oder Schweinegülle [u. a. WITTMAYER ET AL., 2002; BESGEN ET AL., 2004]. Ebenfalls mit diesen Substraten vergleichbar sind die mittleren Methangehalte von ca. 53 Vol.-% [BAYLFU, 2004].

Die Vergärung ohne zusätzliche Temperierung der Probe führt zu gleichen Gesamtausbeuten wie die Fermentation unter mesophilen Bedingungen (35 °C). Die notwendigen Verweilzeiten zur Nutzung des gesamten Gasbildungspotentials sind mit über 100 Tagen für eine technische Umsetzung jedoch nicht praktikabel. Dringend zu beachten ist die Notwendigkeit der Steuerung des pH-Wertes und die Verhinderung der Versäuerung des Prozesses. Die Impfschlammzugabe hat sich in dem Zusammenhang als prozessstabilisierend erwiesen.

Weiterführende Untersuchungen konzentrieren sich sowohl auf die Variation der Substratparameter (TS-Gehalte, Verwendung von Co-Substraten) als auch der Prozessführung (insbesondere kontinuierliche Substratzuführung in Fermentern). Ebenso werden weitere Analysen der Gaszusammensetzung durchgeführt. Die Überführung und Testung des Verfahrens in den halbtechnischen Maßstab (ca. 1,2 m<sup>3</sup> Fermentervolumen) wird angestrebt.

## 5 Danksagung

Die beschriebenen Arbeiten und Ergebnisse sind Bestandteil des durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft geförderten Projektes „Entfeuchtung und Verwertung von entwässelter mikrobieller Biomasse aus Kreislaufwasser von Fischzuchtanlagen“ (Förderkennzeichen 1-67-000-0101-14-2004-59-2). Unser besonderer Dank gilt den Projektbegleiterinnen Frau Ulrike Bobach und Frau Catrin Grohmann für ihre Diskussionsbereitschaft. Für die Unterstützung bei den experimentellen Tätigkeiten möchten wir den MitarbeiterInnen der WHZ – namentlich Frau Helga Stemmler und Frau Kristina Maurer - sowie den Diplomanden Frau Nicole Rauh und Herrn Kasela Kembolo danken.

## 6 Literatur

- BAYRISCHE LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (HRSG.): Biogashandbuch Bayern – Materialienband, Kapitel 1. Augsburg; Stand: Dezember 2004.
- BESGEN, S.; KEMPKE, K.: Energie- und Stoffumsetzung in Biogasanlagen. Abschlussbericht „Projekt Biogas Rheinland“, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn; 2004.
- DIN 38414 TEIL 8: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung, Schlamm und Sedimente (Gruppe S): Bestimmung des Faulverhaltens; Juni 1985.
- DIN 38409 TEIL 1: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung, Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H): Bestimmung des Gesamttrockenrückstandes, des Filtrattrockenrückstandes und des Glührückstandes; Januar 1987.
- FUTMV: Futtermittelverordnung in der Bekanntmachung vom 23.11.2000 (zuletzt geändert durch Art. 1 6. ÄndVO von 27.04.2004); BGBl. I S. 1605 (ber. BGBl. 2002 I S. 1514; BGBl. III/FNA 785-1-4).
- OFFENLEGUNGSSCHRIFT DE 103 38 147 A 1: Verfahren zur biologischen Wasserreinigung, insbesondere in Anlagen zur Fischzucht bzw. -haltung. Offenlegungstag: 31.03.2005.
- PAUSCH, N.; GEMENDE, B.; GERBETH, A.; BURKHARDT, C.; WESENBERG, T.; BELLMANN, G.; VON BRESINSKY, A.: Abtrennung von Bioschlamm aus der Fischzucht mittels Lamellenklärer und Membrantechnik zur Biogasverwertung. Vortrag EU Sokrates Intensiv-Programm „Distributed Power Systems“, Pernink; 23.-27.5.2005.
- VDI 4630: Vergärung organischer Stoffe; August 2004.
- WITTMAYER, M.; SCHULKEN, L.; WÜRDEMANN, H.: Co-Vergärung von organischen Stoffen – Sind die Gärrückstände zukünftig noch landwirtschaftlich zu verwerten? in: 5. Dialog „Abfallwirtschaft M-V“, Institut für Landschaftsbau und Abfallwirtschaft, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz. Universität Rostock; 2002.

ZIMMER, K.: Glossar Biotechnologie und Ernährung. Fachhochschule Neubrandenburg, Version 05/03;  
Link: <http://www.fh-nb.de/technologie/downloads/glossar.pdf>

## **7 Adressen der Autoren**

Dipl.-Ing. (FH) Anja Gerbeth, Prof. Dr.-Ing. Bernhard Gemende, Dipl.-Ing. (FH) Nicole Pausch, Prof.  
Dr. rer. nat. habil. Gunter Krautheim

Westfälische Hochschule Zwickau (FH), Postfach 201037, D-08012 Zwickau, Deutschland  
Telefon: +49-375/536-1787 (1501); Fax: 1503; E-Mail: [bernhard.gemende@fh-zwickau.de](mailto:bernhard.gemende@fh-zwickau.de)

Dr. Günter Bellmann, Andreas von Bresinsky

Fischwirtschaftsbetrieb Andreas von Bresinsky, Thomas-Müntzer-Str. 6, D- 04579 Oelzschau  
Telefon: +49-34347/81679, Fax: 81701; [Andreas.von.Bresinsky@online.de](mailto:Andreas.von.Bresinsky@online.de)